УДК 553.411.071:553.242.4

ОКОЛОРУДНЫЙ МЕТАСОМАТИЗМ КАК КРИТЕРИЙ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ОДНОРОДНОСТИ МЕЗОТЕРМАЛЬНЫХ ЗОЛОТЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ОБРАЗОВАННЫХ В ЧЕРНОСЛАНЦЕВОМ И НЕСЛАНЦЕВОМ СУБСТРАТЕ

И.В. Кучеренко

Томский политехнический университет
E-mail: lev@tpu.ru

Происхождение золотых месторождений в районах сланцевого типа составляет предмет дискуссий. Результаты изучения околорудных изменений углеродистых сланцев в сравнительном аспекте с околорудным метасоматизмом в ином, в том числе кристаллическом субстрате, представляют интерес для оценки генетической однородности или специфики месторождений, образованных в той или иной среде, и могут быть использованы как аргумент в системе доказательств магматогенного или метаморфогенного гидротермального генезиса оруденения "сланцевого" типа. В плане реализации этой задачи приведены и обсуждаются результаты исследования околорудного метасоматизма в Кедровском рудном поле (Северное Забайкалье), в котором промышленные руды образованы в различных, включая углеродистые сланцы протерозойской кедровской свиты, породах. Показано, что структура (порядок минеральной зональности) и минералого-петрохимические черты околорудного метасоматизма во всех средах единообразны, а ореолы принадлежат березитовой метасоматической формации. В совокупности с другими данными этот факт используется для заключения о магматогенном мезотермальном генезисе оруденения в рудном поле.

Введение

Альтернативные представления о магматогенном или метаморфогенном происхождении гидротермальных образованных в толщах углеродистых сланцев золотых месторождений, предполагающие магматические в первом случае или местные породные, во втором, источники золота и сопровождающих элементов, составляют предмет дискуссии в течение нескольких десятилетий, что способствует накоплению новых эмпирических и экспериментальных данных и разработке новых подходов к решению этой чрезвычайно важной и сложной проблемы.

Поскольку еще к началу восьмидесятых годов прошлого столетия и в последующие годы идея об исходных, а не приобретенных в ходе рудообразования повышенных или высоких содержаниях металлов в рудовмещающих углеродистых сланцах золотоносных районов, на которую опиралась и опирается концепция метаморфогенного рудообразования, подверглась сомнению или отрицанию, в том числе со стороны некоторых её разработчиков [1–5 и др.], вывод о породных источниках сосредоточенного в рудах золота стал менее очевидным и для реабилитации концепции потребовались дополнительные аргументы.

Были предложены новые идеи о достаточности околокларковых концентраций металлов для образования в сланцевых районах промышленных руд в крупных масштабах [6], о рудоподготовительном многоэтапном накоплении золота в сланцах [5, 7–11 и др.], об "отработанном" золоте, сверхкларковые массы которого будто бы извлекались из субстрата при рудообразовании с сохранением в породах лишь "остаточных" субкларковых его содержаний [2], об образовании промышленных месторождений в ходе переработки сингенетичного сланцам слабо золотоносного вулканогенно-осадочного сульфидного оруденения [11 и др.]

Все эти варианты аргументации, возможно, имеют право на существование и не исключено, что в некоторых районах природа шла упомянутыми путями, формируя промышленные руды отчасти за счет породных или слабо золотоносных рудных источников. Однако аргументы выдвигались,

но в части фактов обозначился дефицит. Насколько известно, достоверных признаков реализации рудообразующих процессов по упомянутым сценариям в ряде районов сланцевого типа с крупными и уникальными месторождениями, например, – в Ленском, Енисейском и некоторых других, не найдено. Тем не менее, нередко встречается в публикациях квалификация оруденения здесь и в других районах как метаморфогенного гидротермального без доказательств [11–13 и др.].

В условиях сохраняющейся до сих пор противоречивой ситуации в оценке исходных (сингенетичных породам) или приобретенных на дорудных этапах содержаний золота и отсутствия, в основном по субъективным причинам [14], перспектив на доказательное устранение противоречий предпочтительной в решении проблемы, в отличие от одностороннего геохимического подхода, представляется комплексная оценка всех фактов, раскрывающих генетическую и геологическую сущность рудообразования в сравнительном аспекте, то есть с вовлечением в анализ и обобщающую процедуру объектов, образованных в сланцевом, с одной стороны, и ином, в том числе кристаллическом (гранитном и пр.) субстрате, с другой, имея в виду, что в последнем случае оруденение несет многочисленные признаки магматогенного происхождения. Такой подход реализуется автором на примере ряда золотоносных районов Южной Сибири [14–18]. Он заключается в анализе состава, последовательности, физико-химических и термодинамических режимов образования минеральных комплексов руд, структуры, минералого-петрохимических и геохимических, в том числе изотопно-геохимических черт околорудных метасоматических ореолов, распределения и происхождения окисленных и восстановленных форм углерода, возраста, геологической позиции и геодинамических режимов образования оруденения, связей его с магматическими и метаморфическими комплексами. Получаемые для упомянутых районов результаты по отдельным позициям и в совокупности раскрывают геолого-генетическую однородность месторождений, образованных в земной коре независимо от вмещающего субстрата и демонстрирующих принадлежность к магматогенно-мезотермальному типу оруденения.

В комплексе критериев геолого-генетической однородности или, возможно, присущей оруденению в сланцах некоторых районов геолого-генетической специфики месторождений свое место занимают околорудные метасоматические ореолы, которым, как и весьма информативным малым интрузиям золотоносных районов, прежде всего сланцевого типа, уделяется неоправданно мало внимания. Даже для давно известных объектов опубликованы в лучшем случае единичные работы, выводы в которых не всегда согласуются [19, 20] вследствие, как это удается установить, допущенных методических ошибок [20].

Высказывается мнение, что в сланцевых толщах околорудные изменения вообще не выражены или выражены слабо, а боковые измененные породы принадлежат к метаморфитам, например, зеленосланцевой фации [19–23].

Данная статья частично восполняет отмеченный пробел. Объектом исследования выбрано обширное Кедровское рудное поле, представляющее в плане решения обозначенной задачи интерес потому, что в нем промышленные руды залегают не только в толще углеродистых сланцев, но и в кристаллических породах, благодаря чему возможно выполнить сравнительный анализ в объеме земной коры, который теоретически мог бы вмещать руды разного возраста и происхождения, в сланцах, например, – вулканогенно- или гидротермально-осадочного.

1. Геологическое строение Кедровского рудного поля

Кедровское рудное поле находится в Северном Забайкалье в 20 км от устья р. Тулдунь, впадающей с запада в р. Витим [24. Рис. 1]. Оно залегает в протерозойско-палеозойском субстрате юго-восточного обрамления Муйского выступа архейского фундамента в 5 км к востоку от западного краевого шва ограничивающей выступ Тулдуньской зоны глубинных разломов.

К числу наиболее древних образований рудовмещающего блока относится протерозойская кедровская толща (свита) углеродистых (до 1,68 % $C_{нк}$) [25] аркозовых мелкозернистых песчаников, алевролитов с редкими пластами известняков, слагающая восточное крыло крупной, с размахом крыльев до нескольких километров, антиклинальной складки линейного типа (рис.). Поверхности слоистости, пластовой отдельности и сланцеватости падают под умеренными углами на юго-восток в южной половине рудного поля и преимущественно на восток – в северной.

К западу от рудного поля эта толща прорвана интрузией габбро, габбро-диоритов, известной под названием Кедровского массива (735±26 млн лет) [26], а к востоку от него она переработана ультраметаморфическими процессами палеозойской эпохи (335±5 млн лет) [17], обусловившими образование здесь обширного поля плагиогнейс-плагиомигматит-диоритовых куполов. Вследствие послойной инъекции флюидов и расплавов в кедровскую толщу небольшая очагово-купольная постройка образовалась и в центральной части рудного поля. В ядре её залегает пластовая, падающая на восток линзовидная залежь биотит-роговообманкового гранодиорита и кварцевого диорита, на севере и юге сменяющаяся мощными, согласными терригенной толще пластовыми телами линзовидно-жильных вплоть до теневых плагиомигматитов и мигматизированных альмандин-диопсид-биотитовых плагиогнейсов. Последние постепенно, на расстояниях в десятки метров, переходят в углеродистые песчано-алевросланцы кедровской толщи, сохранившие основные черты состава обломочного материала и структуры исходных осадочных пород, но содержащие новообразованный парагенезис биотита и мусковита этапа зонального околокупольного метаморфизма.

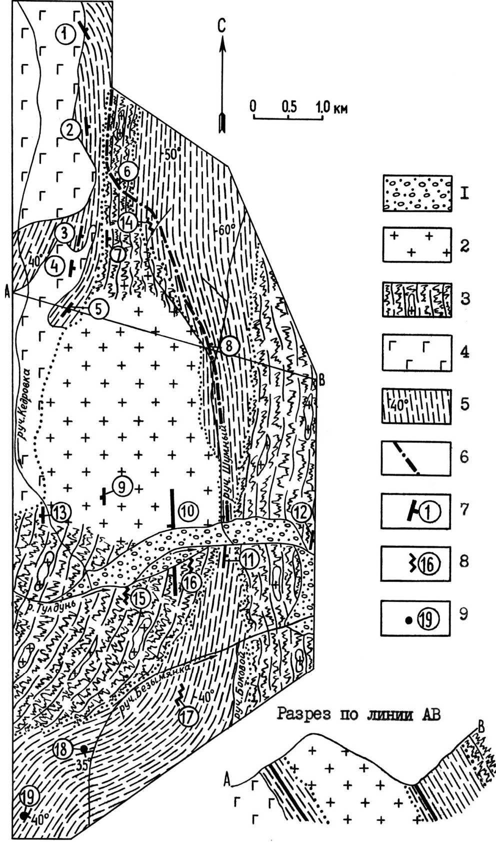


Рисунок. *Схема расположения кварцевых жил и минерализованных зон в Кедровском рудном поле (составлена с использованием материалов В.А. Загоскина и Э.М. Мулюкова): 1) речные пойменные и террасовые отложения; 2, 3) очагово-купольная структура палеозоя: 2) гранодиорит, кварцевый диорит, 3) альмандин-биотитовые плагиогнейсы, плагиомигматиты с мелкими телами кварцевого диорита; 4) габбро, габбро-диорит Кедровского массива; 5) графит-содержащие биотит-полевошпат-кварцевые, двуслюдяные полевошпат-кварцевые песчано-алевросланцы с горизонтами известняков кедровской свиты; 6) Главное нарушение; 7) участки локализации золоторудных кварцевых жил: Жиганских (1), Пинегинских (2), Осиновых (3), Промежуточных (4), Шаманских (5), Штурмовых (6), Параллельной (7), Шумной (8), Баргузинской-II (9), Баргузинской-I (10), Майской (11), Безымянной (12), Кедровской (13); 8) участки локализации апосланцевых и апомигматитовых метасоматических залежей березитоидов: верховьев руч. Шумный (14), устья руч. Кедровки (15), устья руч. Шумный (16), Нижней Безымянки (17); 9) участки локализации кварцевого жильно-прожилкового оруденения в зонах рассланцевания: первый (18), второй (19)*

Проявления послеметаморфического магматизма включают серию последовательно сменявших друг друга во времени дорудных даек пегматита, гранодиорит-порфира, диоритового порфирита, многочисленных дорудных и внутрирудных даек долерита, имеющих преобладающе субмеридиональное простирание и образующих субмеридиональный пояс [17].

Продуктивные сульфидно-карбонатно-кварцевые жилы выполняют протяженные, до многих сотен метров, разрывные нарушения сколового типа, образованные в габбро, углеродистых сланцах, гнейсах, мигматитах, кварцевом диорите. По ориентировке они объединяются в две совокупности. Жилы первой совокупности локализованы в сланцевой толще, а также в апосланцевых пластовых гнейсах, согласны напластованию и сланцеватости, но быстро выклиниваются, входя в изверженные породы. Жилы второй совокупности залегают в кварцевом диорите и при субмеридиональном простирании падают в обратном, то есть западном направлении также под умеренными (30...50°) углами. Кроме жил, в толще углеродистых сланцев, в гнейсах и мигматитах известны зоны рассланцевания, в том числе Главное нарушение, мощностью в раздувах (район Штурмовых жил) до нескольких десятков метров, а также залежи массивных светло-серых березитоидов мощностью до нескольких метров. Гидротермально измененные породы зон и залежей содержат прожилково-вкрапленную сульфидно-карбонатно-кварцевую минерализацию, аналогичную минеральному выполнению жил. Содержание золота во всех гидротермальных новообразованиях неравномерное или весьма неравномерное. Известны случаи обнаружения самородков массой до 300 г (Осиновая – II жила).

По данным радиологических определений месторождение образовано в позднепалеозойскую металлогеническую эпоху (282±5 млн лет) [27].

2. Структура и минералого-петрохимические черты околорудных метасоматических ореолов

Ниже приведены и обсуждаются метасоматические колонки, представляющие ореолы, образованные в диорите очагово-купольной постройки и в песчано-алевросланцах кедровской свиты.

Строение (порядок минеральной зональности), состав минеральных новообразований, существо химических изменений пород во всех случаях единообразны, поэтому целесообразно дать сводное описание ореолов, опираясь на индивидуальную информацию по каждой колонке и лишь подчеркивая некоторые особенности, свойственные каждой из них.

Околорудные (и рудовмещающие) метасоматические ореолы включают четыре минеральных зоны: внешнюю, хлоритовую, альбитовую и тыловую, в околожильных ореолах – пятую осевую (золотоносную кварцевую жилу). Мощность внешней зоны достигает нескольких сотен, хлоритовой – десятков, альбитовой – многих метров, тыловой – нескольких десятков сантиметров. Не затронутые изменениями исходные породы в небольших блоках – "останцах" сохранились в межореольном пространстве. Обычный порядок смены минеральных зон от внешней к тыловой иногда нарушается и ореол представляет собой "слоеный пирог" из многократно повторяющихся в разрезе сопряженных минеральных зон.

В объеме каждой минеральной зоны количество минеральных новообразований нарастает от внешней ее границы к внутренней. Внешняя зона дифференцируется на три подзоны – слабого, умеренного, интенсивного изменения с количеством минеральных новообразований до 10, 20, 30 % соответственно, что важно для петрохимических пересчетов, – соотнесения химических составов метасоматитов с наименее измененными исходными породами при дефиците неизмененных. Напротив, в тыловой зоне из минералов исходных пород сохраняются лишь кварц, мусковит, магнетит, в апосланцевых ореолах частично графит, возможно, апатит. Переходы от одной минеральной зоны к другой постепенные и фиксируются по уменьшению на расстоянии до нескольких сантиметров количества минерала, исчезающего в более тыловой зоне.

Схема минеральной зональности аподиоритового метасоматического ореола имеет следующий вид (здесь и далее подчеркнуты минералы, исчезающие в более тыловой зоне).

Внешняя зона: минералы исходной породы – кварц + андезин + микроклин + сфен + магнетит + апатит + амфибол + биотит, *новообразованные – кварц + серицит + кальцит + лейкоксен + рутил + магнетит + пирит + альбит + хлорит* (*эпидот*)

Хлоритовая зона: минералы исходной породы – кварц + андезин + микроклин + сфен + магнетит + апатит, *новообразованные – кварц + серицит + кальцит + лейкоксен + рутил + магнетит + пирит + альбит + хлорит* (*эпидот*)

Альбитовая зона: минералы исходной породы – кварц + микроклин + магнетит + апатит, *новообразованные – кварц + серицит + кальцит + доломит – анкерит + лейкоксен + рутил + магнетит + пирит* (*сульфиды*) *+ апатит + золото + альбит*

Тыловая зона: минералы исходной породы – кварц + магнетит(?) + апатит, *новообразованные – кварц + серицит + кальцит + доломит – анкерит + лейкоксен +рутил + магнетит + апатит + пирит* (*сульфиды*) *+ золото*

Осевая зона (кварцевая жила): минералы *новообразованные – кварц + кальцит + доломит – анкерит + апатит + сульфиды + золото*

Схема минеральной зональности апосланцевых метасоматических ореолов имеет следующий вид.

Внешняя зона: минералы исходной породы – графит + кварц + олигоклаз – андезин + биотит ± мусковит + магнетит ± турмалин, *новообразованные – серицит + кальцит + хлорит*

Хлоритовая зона: минералы исходной породы – графит + кварц + олигоклаз – андезин ± мусковит + магнетит ± турмалин, *новообразованные – кварц + серицит + кальцит + лейкоксен +рутил + магнетит + пирит + альбит + хлорит*

Альбитовая зона: минералы исходной породы – кварц ± графит ± олигоклаз – андезин ± мусковит + магнетит, *новообразованные – кварц + серицит + кальцит + доломит – анкерит + лейкоксен+ рутил + апатит + магнетит + сульфиды + золото + альбит*

Тыловая зона: минералы исходной породы – кварц ± графит ± мусковит + магнетит, *новообразованные – кварц + серицит + кальцит + доломит – анкерит + сидерит ± + лейкоксен + рутил+ апатит + магнетит + сульфиды + золото.*

Как видно в приведенных схемах, смена минеральных зон обусловлена замещением темноцветных минералов исходных пород (роговой обманки, биотита в диорите, метаморфического биотита песчано-алевросланцев) хлоритом (рипидолитом, брунсвигит-делесситом) с накоплением в последнем лейкоксена, магнетита, а хлорита, в свою очередь, – мусковитом. Породы альбитовой и тыловой зон, лишенные темноцветных минералов, имеют светло-серый, зеленовато-желтовато-серый цвета, исключая апосланцевые метасоматиты в случае неполной "отгонки" графита [25], сохраняющие черный присущий сланцам цвет. Плагиоклазы замещаются серицитом, карбонатами, более основные их разновидности иногда – минералами ряда цоизит-эпидот. В направлении к тыловым зонам нарастает также количество карбонатов, нередко в форме крупных (до 3 мм) кристаллов – ромбоэдров, обусловливающих порфиробластовую структуру метасоматитов в тыловых зонах, а также серицита, лейкоксена (рутила), пирита (сульфидов).

Золото в повышенных против кларка в сланцах и диорите количествах фиксируется только в альбитовой, а главным образом – в тыловой зонах [28].

Существо химических преобразований пород в минеральных зонах показано в табл. 1–3.

Количественным выражением степени изменений химического состава пород служит показатель Δ, величина которого нарастает от внешней зоны к тыловой, достигая в последней максимума. Значе-

Таблица 1. *Коэффициенты распределения петрогенных элементов в минеральных зонах аподиоритового околорудного метасоматического ореола Баргузинской-I жилы (висячий бок) Кедровского рудного поля*

Химические элементы	**Минеральные зоны в интервалах разреза, в скобках – число проб**				
	Хлоритовая (1) 52,0...50,0 м	**Альбитовая (5) 50,0... 44,0 м**	**Хлоритовая (16) 44,0...3,0 м**	**Альбитовая (6) 3,0...0,4 м**	**Тыловая (1) 0,4...0,0 м**
Si	1,0	1,0	1,0	0,9	0,5
Al	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8
K	0,8	1,0	1,0	1,2	1,4
Na	1,0	0,9	1,0	0,9	0,2
S сульфид	1,5	8,9	11,1	32,7	428,0
$C_{кб}$	4,8	13,8	10,4	21,7	48,0
Ca	1,0	1,0	1,0	1,3	3,2
Mg	1,1	0,8	1,0	1,5	3,4
Fe^{2+}	1,2	1,0	1,0	1,6	2,7
Fe^{3+}	0,7	0,3	0,9	0,7	4,2
Ti	1,0	0,9	1,0	1,9	2,7
Mn	1,1	0,8	1,1	1,4	3,4
P	0,9	0,9	1,0	1,5	2,6
H^+	1,5	1,3	1,5	1,1	0,3
O	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Δ	**3**	**6**	**4**	**12**	**41**

Примечание к табл. 1–3. 1) Коэффициенты распределения рассчитаны на основе данных петрохимических пересчетов по объемно-атомному методу полных химических силикатных анализов горных пород для каждой минеральной зоны ореола относительно исходного диорита во внешней зоне (6 проб). 2) Δ – удельная масса перемещенного (привнесенного и вынесенного) вещества (элементов) в процентах к массе вещества исходной породы в стандартном геометрическом объеме 10000 $Å^3$. 3) Расстояния от жилы (интервал отбора проб) даны по нормали к ней и обрамляющему метасоматическому ореолу. 4) Анализы выполнены в ЦЛ ПГО "Запсибгеология" и Зап.-Сиб. испытательном центре под руководством И.А. Дубровской (г. Новокузнецк)

Таблица 2. *Изменение химических составов углеродистого двуслюдяного кварц-полевошпатового песчаносланца кедровской свиты и апосланцевых метасоматитов в минеральных зонах метасоматического ореола с золотоносной прожилково-вкрапленной минерализацией (участок Нижняя Безымянка)*

Минеральные зоны*	**Содержание: окислов в мас. % по данным химического силикатного анализа (первая строка), величина изменения содержания элементов (увеличение +, уменьшение −) в % к их массе в стандартном геометрическом объеме исходной породы (вторая строка)**															**Σ (Δ)**
	SiO_2 Si	**Al_2O_3 Al**	**K_2O K**	**Na_2O Na**	**S сульфид**	**CO_2 $C_{кб}$**	**CaO Ca**	**MgO Mg**	**FeO Fe^{2+}**	**Fe_2O_3 Fe^{3+}**	**TiO_2 Ti**	**MnO Mn**	**P_2O_5 P**	**H_2O^+ H^+**	**O**	
Внешняя 4,5 м	77,26	12,73	0,64	4,96	0,00	0,18	0,84	0,30	1,42	0,66	0,31	0,05	0,03	0,35	–	99,73
Альбитовая 2,0 м	62,73	13,07	2,18	3,22	0,25	3,53	1,10	3,40	5,31	2,84	0,55	0,22	0,12	2,27		100,79
	-17	+4,9	+248	-34	+	+1905	+33	+1053	+282	+340	+82	+374	+300	+564	+0,9	(18)
Тыловая 1,0 м	44,13	12,91	3,26	0,32	0,09	11,8	7,68	5,28	7,24	1,38	0,50	0,20	0,22	5,18		100,19
	-39	+8,8	+445	-93	+	+6913	+880	+1781	+447	+125	+73	+347	+672	+1492	+7,4	(43)

**Расстояния отбора проб даны от осевой поверхности зоны рассланцевания с золотоносной прожилково-вкрапленной сульфидно-карбонатно-кварцевой минерализацией по нормали к поверхности*

ния Δ, как и распределение отдельных элементов, наиболее контрастны в ореолах, образованных среди пород с относительно равномерным распределением петрогенных компонентов – в диорите (табл. 1), песчано-сланце (табл. 2), менее контрастны в минеральных зонах ореола, который образован за счет толщ чередующихся в разрезе песчаников и алевролитов с менее стабильным химическим составом и с усреднением данных анализов многих проб в каждой минеральной зоне (табл. 3). Тем не менее, и в последнем случае просматривается общая тенденция перераспределения вещества, свойственная первым двум и многим другим колонкам.

В наибольших количествах извне с гидротермальными растворами в ореолы поступают сера, углекислотный углерод и калий, которые фиксиру-

ются соответственно в пирите, в тыловых зонах – и в других сульфидах, в карбонатах и сериците. Увеличивается масса щелочно-земельных металлов – Ca, Mg, Fe, а также титана, фосфора, марганца. Дополнительные к местным (породным) ресурсам количества этих элементов аккумулируют новообразованные карбонаты (Ca, Mg, Fe, Mn), рутил, лейкоксен, апатит. Остаются неизменными содержания алюминия. Напротив, почти полностью удален натрий в процессе разложения, главным образом, полевых шпатов, частично-кремний, сохранившаяся масса которого участвует в составе исходного и новообразованных кварца и серицита.

Таблица 3. *Коэффициенты распределения петрогенных элементов в минеральных зонах залежи метасоматических пород, образованных в углеродистых песчано-алевросланцах кедровской свиты (участок Нижняя Безымянка)*

Химические элементы	Минеральные зоны, в скобках – число проб			
	Внешняя подзона интенсивного изменения (4)	Хлоритовая (51)	Альбитовая (73)	Тыловая (8)
Si	1,0	0,9	1,0	0,9
Al	1,1	1,0	1,0	1,0
K	1,3	0,9	1,1	1,5
Na	0,8	0,7	0,8	0,1
S сульфид	–	62	67	128
$C_{кб}$	1,9	8,7	13	20
Ca	0,9	1,9	1,9	3,4
Mg	1,5	1,8	1,0	1,9
Fe^{2+}	1,4	1,5	1,3	1,3
Fe^{3+}	1,5	1,0	0,7	1,0
Ti	1,1	1,2	1,0	1,4
Mn	0,9	1,7	1,5	1,8
P	1,2	0,6	0,4	1,3
H^+	1,3	1,9	1,3	1,9
O	1,0	1,0	1,0	1,0
Δ	**6,2**	**8,1**	**6,6**	**16,2**

Примечание. 1) Коэффициенты распределения рассчитаны относительно углеродистых песчано-алевросланцев в подзоне слабого изменения внешней зоны (10 проб). 2) Пробы отобраны по горизонтальной линии разреза, ориентированной в интервале от 0 (начало разреза на западе) до 76,0 м по аз. 80°, в интервале 76,0...116,0 м — по аз. 95°, в интервале 116,0...174,0 м — по аз. 115°, в интервале 174,0...220,0 м — по аз. 160°. 3) Суммарная мощность чередующихся с хлоритовой зоной тыловой и альбитовой, альбитовой без тыловой зон составляет несколько десятков м

3. Краткое обсуждение результатов и выводы

По существу минералого-химических преобразований пород в тыловой зоне и составу минеральных новообразований в ее обрамлении рассмотренные аподиоритовый и апосланцевые метасоматические ореолы отвечают березитовой формации с пропилитоподобным профилем изменений на их периферии. Подобный порядок минеральной зональности в ореолах данной формации воспроизведен в экспериментальных колонках [29]. Температурный интервал образования березитовой ассоциации 300...200 °С при pH=4,2...6,2 [30] согласуется с температурным режимом отложения рудных ассоциаций и золота [18], равно как и минеральных ассоциаций субфаций зеленосланцевой фации регионального метаморфизма – биотитхлоритовой, хлорит-серицитовой, альбит-серицитовой, серицит-карбонатной.

Нетрудно видеть совершенное сходство минерального состава этих субфаций с таковым минеральных зон описанных метасоматических ореолов. Очевидно, дискуссия о слабости или интенсивности околорудных изменений в черных сланцах и о сходстве -различии минеральных ассоциаций регионального метаморфизма или околорудного метасоматизма носит терминологический характер и разными терминами обозначается одно и то же, что отражает приверженность сторонников метаморфогенной концепции рудообразования в сланцевых толщах к "метаморфической" терминологии, а представителей магматогенно-гидротермальной концепции – к терминологии теории метасоматической зональности. В решении вопроса целесообразно учитывать то, что порядок минеральной зональности околорудных ореолов (смены минеральных зон) указывает на усиление степени изменений пород в направлении к рудовмещающим нарушениям и рудным телам осевой зоны и это выражается как в содержании и номенклатуре минеральных новообразований, так и в существенном увеличении общей массы поступившего в ореолы извне и вынесенного из них вещества (Δ). Оруденение связано с ореолами не только пространственно, но и единством процесса. Мы имеем здесь дело с классическими зональными метасоматическими ореолами и целесообразно пользоваться "метасоматической" терминологией, как это сделано при анализе приведенных метасоматических колонок, и независимо от того, какой концепции рудообразования придерживаться.

Как следует из приведенных данных, активная миграция петрогенных компонентов свойственна тыловым зонам ореолов независимо от состава исходного субстрата. Наряду с типовыми чертами преобразований химического состава пород в процессе их березитизации – привносом K, C, S, выносом Na и отчасти кремния фиксируется более или менее контрастное увеличение массы щелочноземельных металлов, что происходит при изменении пород с относительно низкими их содержаниями. Поступление дополнительных количеств фемофильных элементов-титана и фосфора, как было показано ранее [24], вполне закономерно, обнаруживается в аподолеритовых и других метасоматитах Кедровского рудного поля, в околорудных березитах и рудах соседних Ирокиндинского, Каралонского, Сухоложского рудных полей, Советского рудного поля Енисейского района и других объектов в разных регионах Земного Шара.

Таким образом, околорудные минералого-химические преобразования углеродистых терригенных сланцев кедровской свиты в основных чертах и в деталях согласуются с околорудными изменениями пород иного происхождения (например, диори-

та) в объеме Кедровского рудного поля. Это дополнительно подтверждает ранее сформулированное на основе анализа совокупности критериев представление [14–17] о геолого-генетической однородности и образовании здесь оруденения в сланцевой толще, магматитах, ультраметаморфитах в ходе магматогенного мезотермального рудообразующего процесса позднепалеозойской эпохи. Вместе с тем, приведенные материалы дополняют банк данных, аккумулирующий информацию о формационной принадлежности околорудных (рудовмещающих) метасоматических ореолов в черных сланцах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилор Н.В. К проблеме золотоносности черных сланцев // Геохимия. – 1983. – № 4. – С. 560–568.
2. Буряк В.А. Особенности геохимических поисков по первичным ореолам золотого оруденения метаморфогенно-гидротермального типа // Геохимические поиски по первичным ореолам. – Новосибирск: Наука, 1983. – С. 44–49.
3. Буряк В.А. Состояние и основные нерешенные вопросы теории метаморфогенного рудообразования // Региональный метаморфизм и метаморфогенное рудообразование. – Киев: Наукова думка, 1984. – С. 43–50.
4. Шило Н.А., Гончаров В.И., Ворцепнев В.В. и др. К соотношению метаморфогенного и магматогенного гидротермального минералообразования в золоторудных районах Северо-Востока СССР // Критерии отличия метаморфогенных и магматогенных гидротермальных месторождений. – Новосибирск: Наука, 1985. – С. 30–42.
5. Горжевский Д.И., Зверева Е.А., Ганжа Г.Б. Углеродсодержащие терригенные формации с золотосульфидным оруденением // Советская геология. – 1988. – № 9. – С. 113–121.
6. Барсуков Викт.Л., Борисов М.В. Поведение рудных элементов при автосмешении гидротермальных растворов // Геохимия. – 1988. – № 10. – С. 1429–1446.
7. Ермолаев Н.П., Кист А.А., Флициян Е.С. и др. Явление ступенчатого концентрирования золота при образовании его руд в черных сланцах // Геология рудных месторождений. – 1983. – Т. 25. – № 2. – С. 86–91.
8. Нарсеев В.А. О генезисе золото-сульфидного оруденения в черносланцевых толщах // Руды и металлы. – 1998. – № 5. – С. 70–75.
9. Сидоров А.А. О золотоносности углеродистых метасоматитов // Доклады РАН. – 2001. – Т. 378. – № 2. – С. 218–220.
10. Палей Л.З. Основные черты геохимии золота Средней Азии // Актуальные вопросы геологии, минералогии и геохимии золота и серебра в Средней Азии. – Ташкент: ФАН, 1983. – С. 26–32.
11. Парада С.Г. Условия формирования и золотоносность черносланцевых комплексов Амуро-Охотской складчатой области // Автореф. дис. ... д.г.-м.н. – Ростов-на-Дону: Ростовский гос. ун-т, 2004. – 48 с.
12. Лобанов М.П., Синцов А.В., Сизых В.И. и др. О генезисе продуктивных "углистых" сланцев Ленского золотоносного района // Доклады РАН. – 2004. – Т. 394. – № 3. – С. 360–363.
13. Григоров В.Т. Крупнейшие золоторудные месторождения Енисейского кряжа и Кузнецкого Алатау и их экономическая оценка с позиции стратиформного рудообразования. – М.: Научный мир, 2003. – 168 с.
14. Кучеренко И.В. Петрологические и металлогенические следствия изучения малых интрузий в мезотермальных золоторудных полях // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т. 307. – № 1. – С. 49–57.
15. Кучеренко И.В. Магматогенно-флюидная золоторудная система в черносланцевой толще // Геология, поиски и разведка месторождений рудных полезных ископаемых. Межвузовский сборник научных работ. – Иркутск: Иркутский политехнический институт, 1990. – С. 17–29.
16. Кучеренко И.В. Магматогенная концепция гидротермального рудообразования в черносланцевых толщах // Руды и металлы. – 1993. – № 3–6. – С. 17–24.
17. Кучеренко И.В. Петро-рудногенетическая модель формирования мезотермальных золотых месторождений // Петрография на рубеже XXI века: итоги и перспективы: Матер. II Всерос. петрографического совещ. – Т. 3. – Сыктывкар: Институт геологии Коми научного центра УрО РАН, 2000. – С. 199–203.
18. Кучеренко И.В. Концепция мезотермального рудообразования в золоторудных районах складчатых сооружений Южной Сибири // Известия Томского политехнического университета. – 2001. – Т. 304. – № 1. – С. 182–197.
19. Шер С.Д. Околорудные изменения, сопутствующие золотокварцевым жилам в Ленском золотоносном районе // Метасоматические изменения боковых пород и их роль в рудообразовании. – М.: Недра, 1966. – С. 282–291.
20. Буряк В.А. Метаморфизм и рудообразование. – М.: Недра, 1982. – 256 с.
21. Шумлянский В.А. Киммерийская металлогеническая эпоха на территории Украины. – Киев: Наукова думка, 1983. – 220 с.
22. Лайпанов Х.Х., Шер С. Д. Зональность метаморфических и метасоматических образований на золоторудных месторождениях // Метасоматизм и рудообразование. – М.: Наука, 1984. – С. 277–282.
23. Ажгирей Д.Г., Светлов С.А., Гурейкин Н.Я. и др. Связь золотого оруденения с плутоническим метаморфизмом в миогеосинклинальной области Южного Тянь-Шаня // Руды и металлы. – 2000. – № 4. – С. 47–52.
24. Кучеренко И.В. Теоретические и прикладные аспекты изучения геохимии титана, фосфора, магния в мезотермальных золотых месторождениях. Ч. I // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т. 307. – № 2. – С. 49–55.
25. Кучеренко И.В., Ларская Е.С., Панкина Р.Г. и др. Распределение и источники углерода в околорудных метасоматических ореолах терригенно-сланцевых толщ Байкало-Витимской геосинклинально-складчатой системы // Геохимия. – 1990. – № 6. – С. 797–806.
26. Рыцк Е.Ю., Амелин Ю.В., Крымский Р.Ш. и др. Байкало-Муйский пояс: возраст, этапы формирования и эволюция корообразования (U-Pb и Sm-Nd изотопные свидетельства) // Тектоника, геодинамика и процессы магматизма и метаморфизма: Матер. 32го тектонического совещ. – М., 1999. – Т. 2. – С. 93–95.
27. Кучеренко И.В. Позднепалеозойская эпоха золотого оруденения в докембрийском обрамлении Сибирской платформы // Известия АН СССР. Серия геологическая. – 1989. – № 6. – С. 90–102.
28. Кучеренко И.В. Золото, серебро, ртуть в золотоносных апогнейсовых и апосланцевых околорудных метасоматических ореолах березитовой формации // Известия Томского политехнического университета. – 2000. – Т. 303. – № 1. – С. 161–169.
29. Жариков В.А., Русинов В.Л., Маракушев А.А. и др. Метасоматизм и метасоматические породы. – М.: Научный мир, 1998. – 462 с.
30. Русинов В.Л. Условия проявления вертикальной метасоматической зональности // Метасоматизм и рудообразование. – М.: Наука, 1984. – С. 247–256.